

Avaliação do impacto do cultivo nas características químicas e na agregação de um latossolo vermelho distrófico do noroeste do Paraná

Marcelo Alessandro Araujo*, Cássio Antonio Tormena, Sérgio Hitoshi Watanabe, José Carlos Pintro, Antonio Carlos Saraiva da Costa e José de Deus Viana da Mata

Departamento de Agronomia, Área de Ciência do Solo, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. *Author for correspondence. e-mail: catormena@uem.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi quantificar as alterações químicas e a agregação ocorridas em um latossolo vermelho distrófico do Noroeste do Paraná, sob mata nativa e solo cultivado. Amostras foram coletadas em pontos aleatórios, na profundidade de 0-20 cm. Determinaram-se os valores de pH, de matéria orgânica, de macronutrientes e de tamanho de agregados. Os resultados indicaram que os valores de pH, P, Mg^{2+} e V% aumentaram na área cultivada em relação à mata nativa, já os teores de Ca^{2+} e K^+ não diferiram. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que o sistema de cultivo resultou em reduções nos teores de matéria orgânica e na capacidade de troca catiônica do solo. As avaliações da estrutura do solo, utilizando a distribuição dos tamanhos de agregados, indicaram maiores tamanhos de agregados e maior frequência de ocorrência desses no solo cultivado.

Palavras-chave: degradação do solo, fertilidade do solo, estabilidade de agregados.

ABSTRACT. Evaluation of cropping impact on chemical and aggregational characteristics in oxisol in the northwest of the state of Paraná. The objective of this research was to quantify the soil chemical and aggregation modifications in oxisol located in the northwest of the state of Paraná, Brazil, under native forest and cultivated soil. Samples were collected on sites of 0-20cm deep. The pH values, organic matter, macronutrients and dry size aggregate distribution were determined. The results indicated effects of the soil use on the evaluated chemical characteristics. The pH values, P, Mg^{2+} and base saturation increased in the cultivated area in comparison with the native forest. However, the levels of the Ca^{2+} and K^+ did not differ between the systems evaluated. The results obtained indicated that the soil use and management resulted in reductions in soil organic matter and in the cations exchange capacity. The evaluations of soil structure using dry size aggregate distribution indicated larger sizes aggregates and larger frequency of higher aggregates in the cultivated soil.

Key words: soil degradation, soil aggregates stability, soil fertility.

A região Noroeste do Paraná tem uma superfície de 34.990 km², correspondendo a 17,6% da superfície do território estadual. O arenito Caiuá representa 71,4% da área total, apresentando porcentagem de areia grossa quase sempre superior à areia fina (Embrapa, 1970). O latossolo vermelho distrófico, textura média, ocupando 7,2% da área do estado, é uma das principais classes de solos desta região (Embrapa, 1984).

Antes da ocupação da região, o ecossistema natural era constituído de florestas tropicais,

caracterizada principalmente pela multiplicidade de espécies em pequenas áreas e pelo ciclo vegetativo contínuo ou quase contínuo. O processo de colonização a que foi submetido o estado nos últimos 50 anos implicou reduções na qualidade dos solos para a produção agropecuária (Cardoso *et al.*, 1992). Inicialmente, as elevadas produtividades das culturas foram obtidas devido à reserva de nutrientes e à qualidade física dos solos, decorrentes dos elevados teores de matéria orgânica e da condição estrutural do solo.

Os impactos da degradação física e química dos solos pelos cultivos intensivos e sucessivos resultaram numa modificação dos sistemas agrícolas da região (Iapar, 1990). Culturas como algodão, milho, feijão e mandioca foram introduzidas na tentativa de substituir, em parte, a área ocupada pelo café. No entanto, devido aos problemas de baixa fertilidade e de suscetibilidade dos solos à erosão, essas não se consolidaram como alternativas de cultivo no processo de ocupação da área. Como consequência, ocorreu a substituição de áreas de lavoura por áreas de pastagens que, no sistema de manejo atual, apresentam baixos índices de produtividade. Atualmente, a cultura da mandioca, por razões econômicas, tem sido utilizada em larga escala, constituindo uma das principais culturas economicamente exploradas na região.

A cultura da mandioca é utilizada em sistemas de reforma das pastagens, e tem sido verificada a redução na fertilidade do solo nesse sistema (Hoffmann *et al.*, 1995; Faquin *et al.*, 1995). Nesse contexto, levando em conta a fragilidade do ecossistema desta região e a dinâmica temporal do uso e do manejo dos solos, tem-se constatado a ocorrência de degradação física e química dos solos (Cardoso *et al.*, 1992; Fidalski, 1997). Nesses solos, as indicações da degradação química e física são evidenciadas pelos baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes disponíveis (Cardoso *et al.*, 1992; Marun, 1996), e pelo aumento na suscetibilidade à compactação e à deterioração dos agregados do solo (Costa e Coelho, 1990; Cardoso *et al.*, 1992; Costa *et al.*, 1997).

Os sistemas de cultivo intensivo do solo conduzem, invariavelmente, a modificações nas características e nas propriedades dos solos. Os impactos causados pelos sistemas de uso não são sistematicamente avaliados em função das dificuldades de se manterem experimentos de longa duração para esse fim. Uma alternativa é a utilização de áreas sob vegetação nativa como referência para esse tipo de avaliação. Poucos são os estudos que utilizam a condição de mata natural como referência para quantificar a natureza e a intensidade das alterações nas propriedades dos solos (Sanchez *et al.*, 1999), pois não se conhece o grau dessas mudanças frente aos atuais sistemas de uso e de manejo desses solos. Dessa forma, nessa região do Estado do Paraná, são necessários estudos para avaliar as modificações no solo introduzidas pelos sistemas cultivados.

Os objetivos deste trabalho foram a) quantificar as alterações nas propriedades químicas do solo sob mata nativa e solo continuamente cultivado em

sistema de manejo convencional; b) efetuar a análise do estado de agregação do solo nessas duas condições de uso.

Material e métodos

A amostragem dos solos foi realizada em maio de 1999, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, localizada no município de Maringá - PR. O solo é classificado como latossolo vermelho distrófico (Embrapa, 1999). Foram selecionadas duas áreas próximas, sendo uma sob mata nativa (Floresta estacional semidecidual) e outra sob cultivo, atualmente com a cultura da mandioca, onde se adotou o sistema convencional de preparo de solo. A área cultivada recebeu, ao longo dos anos, aplicações de corretivos (calcário dolomítico) e de fertilizantes baseadas em análise do solo, sendo que, por ocasião do plantio da cultura da mandioca, foram aplicados 200 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8. Em ambas as áreas, a análise granulométrica indicou os seguintes teores: areia grossa, 350 g kg⁻¹; areia fina, 410 g kg⁻¹; silte, 10 g kg⁻¹ e argila, 230 g kg⁻¹, classe textural Franco-Argilo-Arenoso (Emater, 1995).

Em cada uma das situações de manejo, foram selecionados, aleatoriamente, 24 pontos de amostragem do solo. Em cada ponto, na profundidade de 0-20 cm, foi coletada uma amostra deformada com aproximadamente 500g de solo. De cada amostra deformada, cerca de 200g de solo foram secos ao ar e tamisados em peneira de 2 mm para se efetuarem as análises químicas, determinando-se pH (H₂O), matéria orgânica (MO), P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Zn²⁺ e Mn²⁺, conforme Embrapa (1997). A partir dos dados da análise química, foi estimada a Capacidade de Troca Catiônica do Solo à pH 7,0 (CTC) e a porcentagem de saturação por bases do solo (V%).

O restante do solo (300g) foi utilizado para determinar a distribuição do tamanho dos agregados e o diâmetro médio ponderado, utilizando-se um equipamento de separação dos agregados secos por vibração, com o tempo de agitação de um minuto por amostra. O conjunto de peneiras utilizado constituiu-se dos seguintes diâmetros: 9,52, 7,93, 4, 2, 1, 0,5, 0,25 e 0,125 mm. O material retido em cada peneira, após pesagem, teve sua massa corrigida para massa seca em estufa a 105° C. Não foi feita a correção em função dos teores de partículas primárias do solo. A partir desses resultados, foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados de acordo com a metodologia descrita por White (1993), utilizando a equação $DMP = \sum_{i=1}^n X_i \star W_i$. Onde X_i é o diâmetro médio da fração i , que

corresponde ao ponto médio entre o tamanho da peneira na qual o material foi retido e o tamanho da peneira de diâmetro imediatamente superior, e W_i é a proporção do total da amostra retida na peneira.

A distribuição do tamanho dos agregados foi caracterizada através da função de Rosin-Rammler, empregada por Perfect *et al.* (1993): $P(X>x) = 100 \exp [-(x/\alpha)^\beta]$, onde $P(X>x)$ é a porcentagem de agregados (do peso total) com tamanho maior que a peneira de tamanho x , \exp é a função exponencial, e α e β são parâmetros do modelo relacionados às características de forma e tamanho da distribuição. O modelo foi ajustado usando o método de Gauss-Newton de regressão não linear (Statistical Analysis System Institute, SAS 1999).

A comparação dos dados de fertilidade do solo, entre mata e área cultivada, foi feita utilizando o teste t para amostras independentes (Hatcher e Stepanski, 1997). A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico SAS (1999).

Resultados e discussão

Correlação entre os atributos químicos do solo. A avaliação do comportamento da fertilidade do solo, nos dois ecossistemas estudados, foi feita por meio das correlações entre os parâmetros avaliados (Tabela 1). Os valores apresentados para os componentes de fertilidade do solo referem-se a 23 amostras. Os resultados dessa análise indicam que os valores de correlação foram significativos e positivos entre os parâmetros pH x Ca^{2+} , pH x Mg^{2+} , pH x SB, pH x V% no ecossistema mata nativa. Por outro lado, para o ecossistema solo cultivado, a correlação significativa e positiva foi verificada apenas para pH x Mg^{2+} .

Constata-se que a relação entre pH *versus* Ca^{2+} foi influenciada pelo sistema de uso do solo. Na mata nativa, há uma correlação positiva e altamente

significativa entre pH x Ca^{2+} , enquanto que no solo cultivado não houve correlação entre esses parâmetros. No solo cultivado, esses resultados diferem daqueles obtidos por Caires e Rosolem (1993), Oliveira *et al.*, (1997), Caires *et al.*, (1998), os quais sugerem uma correlação positiva entre esses parâmetros. A ausência de correlação na área cultivada pode estar diretamente relacionada ao manejo da fertilidade do solo, no qual, além da adição dos corretivos, foram aplicados fertilizantes que contêm elevados teores de Ca^{2+} , altamente solúveis e em formas químicas que não alteram o pH ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), mas contribuem significativamente para a elevação dos teores de Ca^{2+} no solo. Essa hipótese é reforçada pela correlação positiva e significativa entre pH x Mg^{2+} , tanto no solo sob mata nativa quanto no solo cultivado, o que pode ser atribuído à ausência do elemento Mg^{2+} na maioria dos fertilizantes agrícolas. Isso tende a manter os teores de Mg^{2+} em função da riqueza deste no material de origem, somados ao fornecimento de Mg^{2+} pelos corretivos aplicados no solo, o que determina o comportamento semelhante da relação pH x Mg^{2+} tanto no solo cultivado quanto no solo sob mata nativa.

A correlação positiva e estatisticamente significativa entre pH *versus* SB e V%, obtida na área sob mata, corrobora com os resultados obtidos por Castro *et al.* (1972). Já no solo cultivado, a ausência de correlação entre pH x SB, V% decorre da predominância do Ca^{2+} no valor da CTC estimada, já que o Ca^{2+} é fornecido ao solo também pelos fertilizantes. Essa constatação é reforçada pela ausência de correlação entre pH *versus* Ca^{2+} no solo cultivado e ocorrência de correlação significativa entre essas variáveis no solo sob mata.

Tabela 1. Valores de correlação de Pearson entre os atributos químicos avaliados em dois ecossistemas: mata nativa e solo cultivado

	Ca^{2+}		Mg^{2+}		K^+		P		MO %		CTC		SB		V%	
	M	SC	M	SC	M	SC	M	SC	M	SC	M	SC	M	SC	M	SC
pHH ₂ O	0,7717 (0,0001)	-0,0956 (0,6642)	0,6076 (0,0021)	0,5348 (0,0086)	0,3305 (0,1234)	0,2690 (0,2146)	-0,3977 (0,0602)	0,0994 (0,6518)	-0,0049 (0,9822)	0,1880 (0,3903)	0,1958 (0,3707)	-0,0753 (0,7329)	0,8273 (0,0001)	0,0776 (0,7249)	0,9119 (0,0001)	0,3947 (0,0623)
Ca^{2+}			0,3478 (0,1039)	0,2678 (0,2166)	0,1926 (0,3785)	0,1091 (0,6203)	-0,1734 (0,4288)	-0,0588 (0,7899)	0,1689 (0,4411)	0,2442 (0,2615)	0,6442 (0,0009)	0,9425 (0,0001)	0,9804 (0,0001)	0,9583 (0,0001)	0,9247 (0,0001)	0,8324 (0,0001)
Mg^{2+}					0,5076 (0,0134)	0,3198 (0,1369)	-0,4507 (0,0309)	-0,0947 (0,6673)	0,2482 (0,2534)	0,5397 (0,0079)	0,1321 (0,5480)	0,4776 (0,0212)	0,5230 (0,0104)	0,5268 (0,0098)	0,5698 (0,0045)	0,5321 (0,0090)
K^+							0,2112 (0,3335)	0,3509 (0,1006)	0,0748 (0,7344)	0,2735 (0,2066)	-0,0061 (0,9778)	0,2590 (0,2328)	0,3089 (0,1515)	0,2422 (0,2656)	0,3491 (0,1025)	0,1970 (0,3677)
P									0,0584 (0,7913)	0,1090 (0,6206)	0,0672 (0,7606)	-0,0407 (0,8538)	-0,2337 (0,2831)	-0,0567 (0,7972)	-0,3197 (0,1369)	-0,0459 (0,8353)
MO%											0,5937 (0,0028)	0,3856 (0,0692)	0,2028 (0,3535)	0,3778 (0,0755)	0,0498 (0,8216)	0,2984 (0,1666)

M = mata nativa; SC=solo cultivado; Valores entre parênteses representam o nível de significância (p)

As correlações positivas e significativas entre Ca^{2+} x SB, CTC e V% ocorreram tanto para a mata nativa quanto para o solo cultivado. Já o Mg^{2+} apresentou correlação significativa e positiva com SB, CTC e V% no solo cultivado e apenas com SB e V% na condição de mata nativa. A predominância do Ca^{2+} entre os cátions trocáveis em ambos os sistemas determinou as correlações positivas com os parâmetros SB, CTC e V%. O efeito positivo do Mg^{2+} , nos valores de SB, CTC e V% no solo cultivado, está relacionado com o enriquecimento desse com Mg^{2+} fornecido por meio da calagem. Já na mata nativa, os teores de Mg^{2+} são baixos e grande parte da CTC é determinada por Ca^{2+} e H^+ + Al^{3+} , o que justifica a correlação entre Mg^{2+} x V% e a falta de correlação entre Mg^{2+} x CTC. A correlação positiva entre Mg^{2+} x K^+ na área sob mata está relacionada com a ciclagem dos nutrientes pela floresta (Reis *et al.*, 1987). A correlação positiva e significativa, constatada entre Mg^{2+} x MO na área cultivada, deve-se à utilização de corretivos e à baixa exportação desse nutriente pela planta. Desta forma, maiores teores de matéria orgânica indicam maiores teores de Mg^{2+} . Já na área sob mata nativa, essa correlação não foi observada devido, provavelmente, à ciclagem do nutriente pela floresta e aos baixos teores do nutriente no solo.

Foi constatada correlação estatisticamente significativa e positiva entre os teores de MO e a variável CTC na mata nativa, ao passo que, no solo cultivado, essas variáveis não foram correlacionadas. Nos solos tropicais, CTC é altamente dependente dos conteúdos de matéria orgânica do solo (Sanchez, 1981; Fialho *et al.*, 1991). Esses resultados sugerem que, em solos cultivados, o valor da CTC deve ser utilizado com reservas quando estimado a partir dos resultados da análise de solo em áreas corrigidas e adubadas, e que, em ecossistemas estáveis (mata), o valor de CTC pode estar mais diretamente relacionado a aspectos qualitativos da mineralogia do solo e à presença de microorganismos, cujas células são carregadas negativamente na superfície (Lynch, 1986). Os resultados obtidos por Mafra *et al.* (1998) indicam que um maior aporte de fitomassa resultou em maiores teores de MO no solo e melhores condições de fertilidade para o crescimento das plantas.

Teores médios dos atributos químicos. Os resultados obtidos para os valores do pH nos dois sistemas de uso estão apresentados na Figura 1. Os valores médios de pH foram estatisticamente ($p < 0,05$) superiores na área cultivada em relação à mata. De acordo com os níveis adotados para os

solos do estado do Paraná (Emater, 1995), a acidez é classificada como alta na mata e baixa/muito baixa na área cultivada.

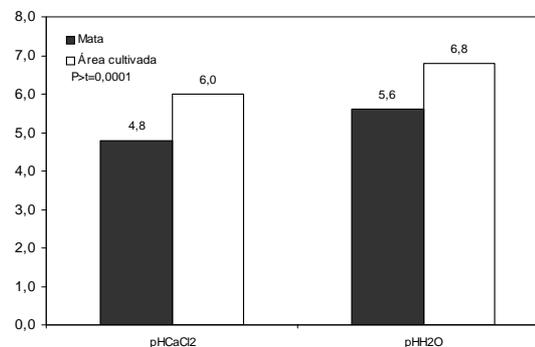


Figura 1. Valores médios de pH do solo medidos na área sob mata e área cultivada

Os maiores valores de pH na área cultivada devem-se às aplicações sistemáticas de corretivos executadas por ocasião do plantio das culturas. Resultados similares aos deste trabalho foram obtidos por Sanches *et al.* (1999), comparando o pH do solo sob mata nativa com o solo da área da entrelinha da cultura da laranja. Também Borges e Kiehl (1997) obtiveram maiores valores de pH no solo sob cultivo e atribuíram esse fato às aplicações de calcário. Os níveis de pH do solo sob mata indicam que a implantação de sistema de manejo com elevadas produtividades requerem, necessariamente, a adoção da prática da calagem para o condicionamento químico do solo, visto que o pH é um atributo químico diretamente relacionado com a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas (Sanchez, 1981; Malavolta, 1980).

Os valores da CTC do solo diferiram entre mata e solo cultivado ($p < 0,05$) (Figura 2). Sob mata nativa, os valores da CTC foram superiores àqueles do solo cultivado, sendo similares aos resultados obtidos por Fialho *et al.* (1991), Sanches *et al.* (1999).

Um dos fatores determinantes nesta diferença é a redução do teor de matéria orgânica do solo cultivado, com conseqüente redução dos sítios de troca (Sanchez, 1981). No solo sob mata, constatou-se que a participação relativa na CTC foi de 54% para H^+ + Al^{3+} , de 34% para Ca^{2+} , 10% para Mg^{2+} e 2% para K^+ . Já no solo sob cultivo, os valores foram de 35%, 44%, 19% e 2%, respectivamente, para H^+ + Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Para os valores de H^+ + Al^{3+} , a aplicação do teste t para amostras independentes revelou que os valores médios (mata=4,05 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; solo cultivado=2,22 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), sendo menor no solo cultivado. O menor valor desse

parâmetro para o solo cultivado está relacionado com a redução nos teores de matéria orgânica do solo e a calagem. A análise de correlação entre os valores de $H^+ + Al^{3+}$ e MO demonstrou uma forte relação de dependência positiva ($p < 0,05$). Esses resultados sugerem que a matéria orgânica é o principal componente da CTC do solo cultivado (Rajj, 1981; Pintro e Tescaro, 1999), apesar de não se constatar correlação entre essas variáveis. Os resultados obtidos por Rhoton e Tyler (1990) indicam que, em solos degradados pela erosão, ocorre uma substancial redução dos valores da CTC, concomitantemente com a redução nos teores de matéria orgânica do solo.

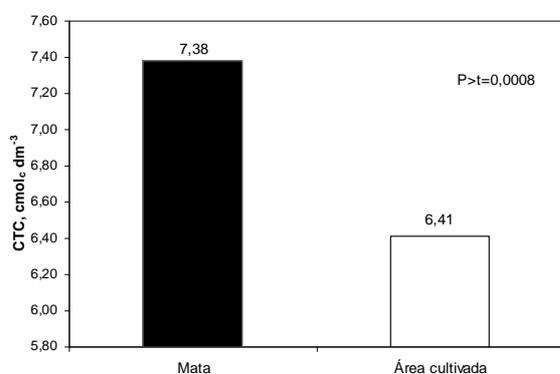


Figura 2. Valores médios da CTC do solo medido na área sob mata e área cultivada

Os sistemas de uso, mata e solo cultivado, influenciaram de forma diferenciada os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo. Os teores de Ca^{2+} não foram influenciados pelo sistema de uso ($p > 0,05$), enquanto que os teores de Mg^{2+} foram estatisticamente superiores no solo cultivado comparado com o solo sob mata nativa ($p < 0,05$) – Figura 3. Na área cultivada, apesar da aplicação sistemática de corretivos e de fertilizantes com a presença do cálcio, o seu acúmulo é impedido pela elevada exportação de Ca^{2+} pelas culturas, especificamente pela cultura da mandioca (Malavolta, 1980). Já no solo sob mata nativa, a ciclagem do Ca^{2+} é responsável pela concentração de Ca^{2+} na superfície do solo, em função da decomposição do material orgânico acumulado (Fialho *et al.*, 1991). Esses resultados divergem dos obtidos por Borges e Kiehl (1997) que constataram maiores teores de Ca^{2+} nos solos cultivados.

O acúmulo de Mg^{2+} no solo cultivado está diretamente relacionado com a aplicação de calcário dolomítico, o qual contém elevados teores do elemento, além de que as culturas, em geral, têm menores exigências e exportação do Mg^{2+}

(Marschner, 1995) em comparação com o Ca^{2+} . Maiores teores de Mg^{2+} nas áreas cultivadas também foram obtidos por Borges e Kiehl (1997) e Mafra *et al.* (1998), atribuídos, em parte, à aplicação de calcário.

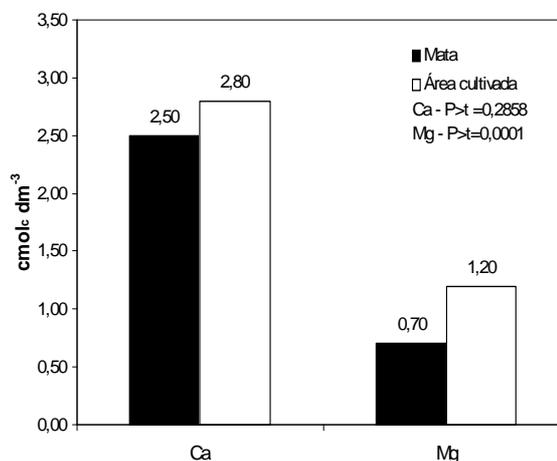


Figura 3. Valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} do solo medidos na área sob mata e área cultivada

O solo sob mata nativa apresentou teores significativamente maiores ($p < 0,10$) de K^+ comparado com a área de cultivo (Figura 4), o que corrobora os resultados de Borges e Kiehl (1997). O maior conteúdo de K^+ encontrado na condição de mata nativa deve-se, provavelmente, a maior ciclagem do elemento. Esses resultados estão de acordo com Fialho *et al.* (1991), que verificaram maior ciclagem de K^+ em condição de mata nativa do que em áreas sob pastagens e eucalipto. Especificamente no solo cultivado, deve-se considerar que a área foi cultivada com mandioca nos últimos anos. De acordo com Malavolta (1980), para cada 19 t ha⁻¹, a cultura de mandioca (considerando raiz, haste e folhas) extrai cerca de 79 kg de potássio.

Os teores de fósforo do solo na área cultivada foram significativamente superiores ($p < 0,05$) comparados com aqueles do solo na condição de mata nativa (Figura 5). Os maiores teores de P na área de cultivo, provavelmente, ocorreram em função da adição desse nutriente por meio da adubação, pela pequena exportação desse nutriente pelas culturas e devido à reduzida mobilidade do P no solo. Resultados similares também foram obtidos por Borges e Kiehl (1997) e Sanches *et al.* (1999).

Em relação à matéria orgânica, os resultados obtidos indicam um decréscimo significativo na área cultivada em relação ao solo na mata nativa ($p < 0,05$) (Figura 6). As perdas de matéria orgânica na área

cultivada, na camada estudada, foram de cerca de 40% em relação à mata nativa. Lal *et al.* (1995) constataram que perdas de matéria orgânica com o cultivo podem atingir níveis de até 75%.

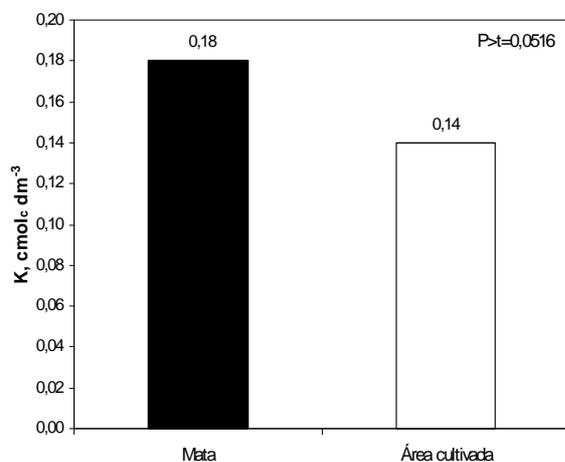


Figura 4. Valores de K⁺ do solo medido na área sob mata e área cultivada

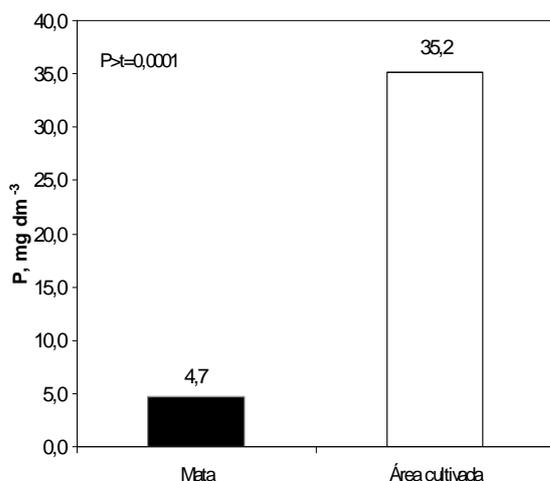


Figura 5. Valores de P do solo medido na área sob mata e área cultivada

Segundo vários autores, nos trópicos úmidos, há uma tendência geral de redução dos teores de MO com a retirada da mata nativa e a implantação de sistemas agrícolas (Sanchez, 1981; Santos e Grisi, 1981; Miller *et al.*, 1982; Greenland, 1992). De acordo com Greenland (1992), isso se deve ao menor retorno de material orgânico ao solo bem como pela maior taxa de decomposição do material orgânico nos sistemas agrícolas. Os resultados obtidos neste estudo são similares aos obtidos por outros autores em solos tropicais brasileiros (Silva e Ribeiro, 1998; Sanches *et al.*, 1999). De acordo com

Thomas *et al.* (1996), a redução nos teores de matéria orgânica implica um aumento da suscetibilidade do solo à compactação, com conseqüente perda da qualidade física para o crescimento das plantas.

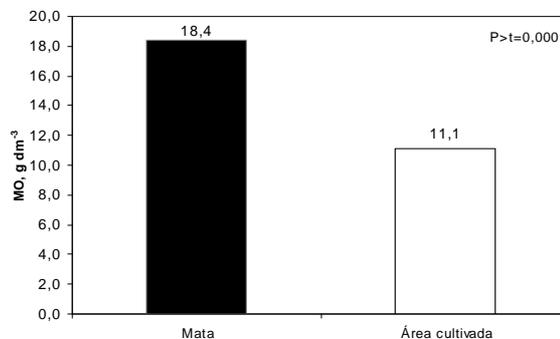


Figura 6. Valores de MO do solo medido na área sob mata e área cultivada

A qualidade química do solo para o crescimento das plantas está relacionada com a proporção de bases no complexo de troca do solo. Os resultados indicaram que a saturação por bases (V%) foi significativamente maior na área cultivada ($p < 0,05$) do que na área sob mata nativa, e de acordo com Emater (1995), os valores de V% são considerados médios na área cultivada (65%) e baixos (45%) na área sob mata (Figura 7). Para a maioria das culturas, este valor é considerado adequado para o crescimento das plantas. Esses resultados devem-se às aplicações de corretivos e do superfosfato simples aplicados sistematicamente na área cultivada. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva e Ribeiro (1998). Os resultados obtidos por Sanches *et al.* (1999) demonstraram, por outro lado, elevados valores de V% no solo sob mata em comparação com solo cultivado com citros.

Agregação do solo. Um dos atributos do solo relacionados com a sua qualidade física para o crescimento das plantas é o diâmetro dos agregados do solo. O diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, determinados neste estudo, foi de 2,2 mm, não diferindo entre os sistemas de manejo, o que pode ser atribuído à textura do solo. Em solos de textura argilosa, Silva e Mielniczuk (1998) obtiveram pouca variação entre os valores de DMP entre solos sob diferentes sistemas de cultivo. Constatou-se, também, que o efeito do uso do solo depende dos tamanhos de agregados (Figura 8). As percentagens de tamanhos de agregados nos diâmetros de 1,5 mm até 8,73 mm foram estatisticamente superiores no solo cultivado. Já nos diâmetros inferiores a 1,5 mm, as maiores percentagens ocorreram no solo sob

mata. Isso é indicativo de que, nesse solo, o processo de degradação pelo uso agrícola proporcionou uma mudança nos tamanhos de agregados com aumento daqueles de maior diâmetro. De acordo com Zhang (1994), o diâmetro médio dos agregados obtidos por peneiramento a seco tende a diminuir com o aumento nos teores de matéria orgânica. No entanto, os resultados indicaram que, nos tamanhos maiores, a menor porcentagem ocorreu no solo sob mata, o qual apresenta maior teor de matéria orgânica que o solo cultivado. No entanto, para os menores agregados, ocorreu o inverso. Uma possível explicação para esses resultados está associada à natureza química da matéria orgânica atuando na formação e na estabilização dos agregados. Nos solos cultivados, há uma predominância de matéria orgânica denominada transitória e temporária (Tisdall e Oades, 1982), a qual influencia a formação de agregados maiores. Isso pode ser constatado na Figura 8, onde se observa que os maiores tamanhos de agregados foram estatisticamente superiores no solo cultivado em comparação ao solo sob mata nativa. Já a maior frequência de agregados menores na mata corrobora com os resultados de Tisdall e Oades (1982), que indicam que a maior porcentagem de pequenos agregados é positivamente correlacionada com os teores de matéria orgânica do solo, especificamente a matéria orgânica classificada como persistente.

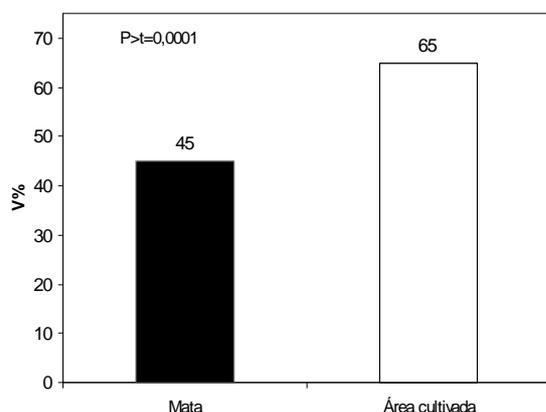


Figura 7. Valores de V% do solo medido na área sob mata e área cultivada

A frequência de distribuição do tamanho dos agregados, avaliada por meio da função de Rosin-Rammler, diferenciou os sistemas de uso quanto aos seus efeitos sobre a estrutura do solo. A análise estatística dos parâmetros *a* (diâmetro médio dos agregados numa distribuição normal) e *b* (parâmetro análogo ao desvio padrão da distribuição normal:

quanto menor o seu valor, maior é o desvio) do modelo utilizado demonstrou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os sistemas de uso. Os valores estimados foram de: $a = 3,56$ e $4,41$, e de $b = 0,58$ e $0,62$, para mata e área de cultivo, respectivamente.

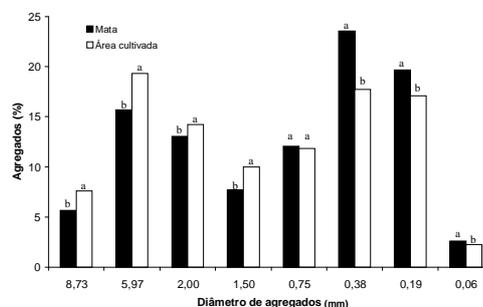


Figura 8. Distribuição do tamanho de agregados na área sob mata nativa e área cultivada

Estatisticamente, as curvas começaram a diferenciar-se a partir do diâmetro de agregados de 1,06 mm. Os maiores valores dos desvios no peso de agregados ocorreram no sistema de cultivo anual (Figura 9) e com os agregados de maior diâmetro. Isso ocorreu, provavelmente, devido ao tráfego de máquinas e de implementos agrícolas que, em condições de solo úmido, podem ocasionar a formação de agregados de tamanho maior. Também os menores teores de matéria orgânica do solo contribuíram para a maior frequência de ocorrência de agregados com maior diâmetro no solo cultivado.

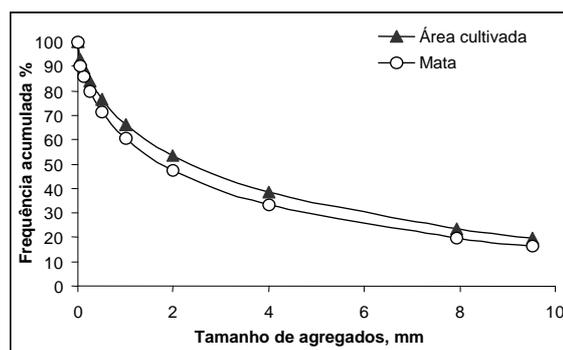


Figura 9. Frequência acumulada do peso dos agregados em função do seu tamanho para os tratamentos mata nativa e área cultivada

Os resultados obtidos neste trabalho indicaram que o sistema de cultivo do solo resultou em reduções nos teores de matéria orgânica e na capacidade de troca catiônica do solo. Por outro lado, o manejo da fertilidade do solo tem ocasionado elevações nos teores de Mg^{2+} e P, e nos valores de V% e pH. As avaliações na estrutura do solo por

meio dos tamanhos de agregados indicaram que as modificações ocorridas estão estreitamente ligadas com níveis de matéria orgânica nos sistemas estudados. Maiores tamanhos de agregados e maior frequência de ocorrência desses tamanhos foram constatados no solo cultivado em comparação com o solo sob mata nativa.

Referências bibliográficas

- Borges, A.L.; Kiehl, J.C. Cultivo de frutíferas perenes e de mandioca sobre as propriedades químicas de um latossolo amarelo álico de Cruz das Almas (BA). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 21:341-345, 1997.
- Caires, E.F.; Rosolem, C.A. Calagem em genótipos de amendoim. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 17:193-202, 1993.
- Caires, E.F.; Chuciri, W.A.; Madruga, E.F.; Figueiredo, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 22:27-34, 1998.
- Cardoso, A.; Potter, R.O.; Dedecek, R.A. Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no Noroeste do Paraná. *Pesq. Agropec. Bras.*, 27(2):349-353, 1992.
- Castro, A.P., Barreto, N.O.; Anstácio, M. L. Correlação entre pH e saturação de bases em alguns solos brasileiros. *Pesq. Agropec. Bras.*, 7:9-11, 1972.
- Costa, A.C.S. da; Coelho, S.M.R. Efeito do manejo do solo em latossolo vermelho escuro textura média-LEd2 do Município de Paranaíba-Paraná.II. Estabilidade dos agregados em água. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLOS, 8, 1990, Londrina. *Resumos...* Londrina: SBCS, 1990. p. 35.
- Costa, A.C.S.; Nanni, M.R.; Jeske, E. Determinação da umidade na capacidade de campo e ponto de murcha permanente por diferentes metodologias. *Rev. Unimar*, 19:827-844, 1997.
- Emater. Análises de solo: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados. Curitiba, 1995. (Informação Técnica, 31).
- Embrapa. Levantamento de reconhecimento dos solos do noroeste do Estado do Paraná: informe preliminar. Rio de Janeiro, 1970. 102p. (Boletim Técnico n° 14).
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro, RJ). Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: Embrapa-SNLCS/sudesul/Iapar, 1984. v1. v2, 791p. (EMBRAPA. Boletim de Pesquisa, 27; Iapar, Boletim Técnico, 16)
- Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, 1997.
- Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa, 1999. 412p.
- Faquin, V.; Hoffmann, C.R.; Evangelista, A. R.; Guedes, G.A.A. O potássio e o enxofre no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um latossolo da região noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 19:87-94, 1995.
- Fialho, J.F., Borges, A.C.; Barros, N.F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividade da microbiota de um latossolo vermelho amarelo distrófico. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 15:21-28, 1991.
- Fidalski, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região noroeste do Paraná. *Rev. Unimar* 19(3):853-861, 1997.
- Greenland, D.J. Organic matter dynamics in soil of the tropics - from myth to complex reality. In: Lal, R.; Sanchez, A. (ed). *Myths and science of soils of the tropics*. USA: Soil science society of America, 1992. p.17-33.
- Hatcher, L.; Stepanski, E.J. A step-by-step approach to using the SAS system for univariate and multivariate statistics, Cary, NC: SAS Institute, 1997. 552p.
- Iapar. Conservação do solo em sistemas de produção nas microbacias hidrográficas do Arenito Caiuá, Paraná: clima, solo, estrutura agrária e perfil da produção agropecuária. Londrina, 1990, 56p. (Iapar, Boletim Técnico).
- Hoffmann, C.R.; Faquin, V.; Guedes, G.A.A.; Evangelista, A. R. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um latossolo da região noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 19:79-86, 1995.
- Lal, R., Kimble, J., Levine, E., Whitman, C. Towards improving the global data base on soil carbon. In: Lal, R., Kimble, J., Levine, E.; Stewart, B.A. (ed). *Soils and global change*. Advances in soil science, Lewis publishers, 1995. p.433-436.
- Lynch, J.M. Biotecnologia do solo: fatores microbiológicos na produtividade agrícola. Tradução: Kumajima, V.Y., Almeida L.M.K. de, Conagin, C.H.T. São Paulo: Manole, 1986. p. 200.
- Mafra, A.L., Miklós, A.A.W., Vocurca, H.L., Harkaly, A.H.; Mendoza, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 22:43-48, 1998.
- Malavolta, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254p.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- Marun, F. Propriedades físicas e biológicas de um latossolo vermelho escuro do Arenito Caiuá sob pastagem e culturas anuais. *Pesq. Agropec. Bras.*, 31(8):593-597, 1996.
- Miller, R.H., Nicholaidis, J.J., Sanchez, P.A.; Bandy, D.E. Soil organic matter considerations in agricultural systems of the humid tropics. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1., Piracicaba, 1982. *Anais...* Piracicaba: Cena, 1982. p. 105-110.

- Oliveira, E.L. de, Parra, M.S.; Costa, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho Escuro Álico, a calagem. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 21:65-70, 1997.
- Perfect, E, Kay, B.D, Ferguson, J.A, da Silva A.P and Denholm, K.A. Comparison of functions for characterizing the dry aggregate size distribution of tilled soil. *Soil Tillage Res.*, 28:123-139, 1993.
- Pintro, J.C.; Tescaro, M.D. Correction of an acid soil using the base saturation method and influence on chemical parameters. *Acta Scientiarum*, 21(3):479-482, 1999.
- Raij, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981.
- Reis, M.G.F.; Barros, N.F.; Kimmins, J.P. Acúmulo de nutrientes em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex-Maiden) plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. *Rev. Arvore*, 11(1):1-15, 1987.
- Rhoton, F.E.; Tyler, D.D. Erosion-induced changes in the properties of a Fragipan. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54(1):223-228, 1990.
- Sanches, A.C., Silva, A.P., Tormena, C.A.; Rigolin A.T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico vermelho-amarelo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 23:91-99, 1999.
- Sánchez, P.A. Suelos del Trópico: características y manejo. San José, Costa Rica: IICA, 1981. 660p.
- Santos, O.M.; Grisi, B.M. Efeito do desmatamento na atividade dos microrganismos de solo de terra firme na Amazônia. *Acta Amazon.*, 11:97-102, 1981.
- SAS Institute. SAS/STAT procedure guide for personal computers. 5.ed. Cary, NC., 1999.
- Silva, A.J.N.,; Ribeiro, M.R. Caracterização de um latossolo amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: propriedades químicas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 22:291-299, 1998.
- Silva, I.F.; Mielniczuk J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 22:311-317, 1998.
- Tisdall, J.M.; Oades, J.M. Organic matter and water-stable aggregate in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163, 1982.
- Thomas, G.W., Hazler, G.R. and Blevins, R.L. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soils using the proctor test. *Soil Sci.*, 161(8):502-508, 1996.
- White, W.M. Dry aggregate distribution. In: Carter, M.R. (ed.). Soil sampling and methods of analysis. Canada: Lewis Publis, 1993. p.659-662.
- Zhang, H. Organic matter incorporation affects mechanical properties of soil aggregates. *Soil Tillage Res.*, 31:263-275, 1994.

Received on May 03, 2000.

Accepted on August 30, 2000.